

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11219938 A**

(43) Date of publication of application: **10.08.99**

(51) Int. Cl.

H01L 21/3065

C23F 4/00

H05H 1/46

(21) Application number: **10020948**

(22) Date of filing: **02.02.98**

(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRON CORP**

(72) Inventor: **HAYASHI SHIGENORI
YAMANAKA MICHINARI
KUBOTA MASABUMI**

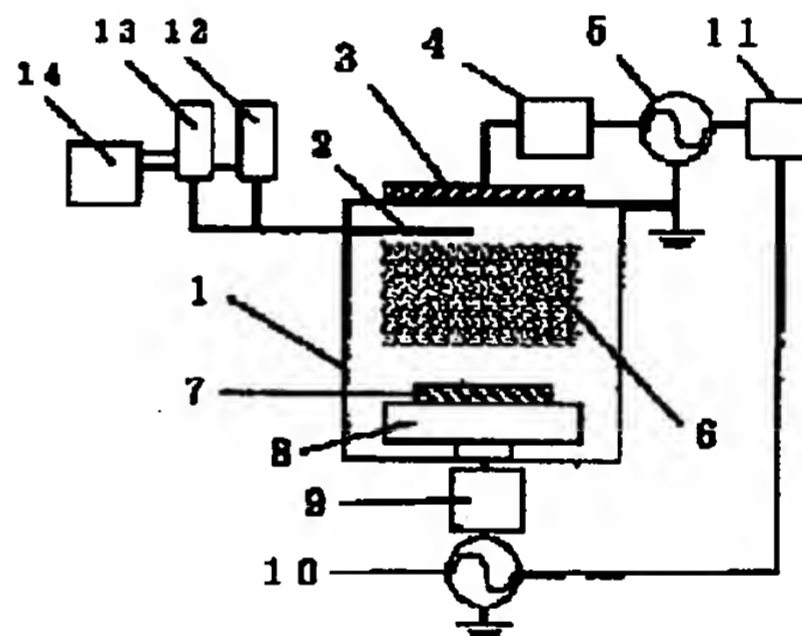
(54) **PLASMA ETCHING METHOD**

(57) Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain highly accurate plasma etching by controlling the transport process of a radical or reaction product mainly causing a microloading effect, or charge balance mainly causing the abnormality of an etching shape, especially a notch in gate etching.

SOLUTION: Reaction gas supplied to a vacuum chamber is made into a plasma by a high frequency power 5 supplied to the vacuum chamber, and a sample 7 in the vacuum chamber is etched by a plasma 6 in this plasma etching method. Here, a bias power to be supplied to the sample 7 is pulse-modulated, or the reaction gas to be supplied is alternately switched and supplied. Also, at overetching of the sample 7 to be etched, the high frequency power 5 to be supplied is pulse-modulated.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



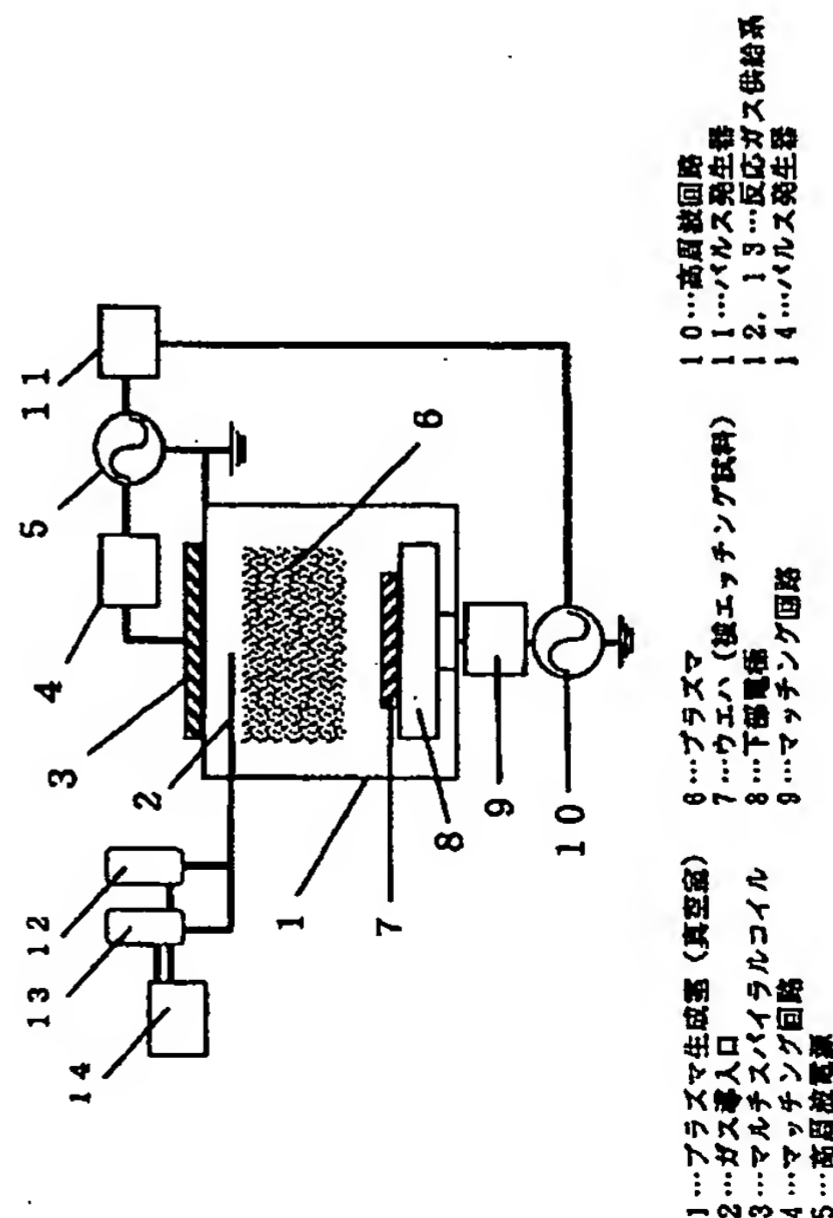
(11)特許出願公開番号

(43)公開日 平成11年(1999)8月10日

B

A

A



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空室に供給された反応ガスを、前記真空室に供給される高周波電力によりプラズマ化し、そのプラズマで前記真空室内の試料をエッチングするプラズマエッチング方法であって、被エッチング試料へ投入するバイアス電力をパルス変調することを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項2】 真空室に供給された反応ガスを、前記真空室に供給される高周波電力によりプラズマ化し、そのプラズマで前記真空室内の試料をエッチングするプラズマエッチング方法であって、複数の反応ガスを交互に切り替えて供給することを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項3】 真空室に供給された反応ガスを、前記真空室に供給される高周波電力によりプラズマ化し、そのプラズマで前記真空室内の試料をエッチングするプラズマエッチング方法であって、被エッチング試料のオーバーエッチ時に、供給する高周波電力をパルス変調することを特徴とするプラズマエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、高周波放電を用いたプラズマエッチング方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】高周波放電を用いたプラズマ処理方法は、半導体製造工程において、微細加工のためのドライエッチング、薄膜形成のためのスパッタリング、プラズマCVD、イオン注入等さまざまなところで用いられている。以下、プラズマ処理方法の適用例として、微細加工に適したドライエッチングについて説明する。ドライエッチング技術として最も広く用いられている反応性イオンエッチングは、適当なガスの高周波放電プラズマ中に試料をさらすことによりエッチング反応を起こさせ、試料の表面の不要部分を除去するものである。

【0003】反応性イオンエッチングにおいては微細化を促進するためにイオンの方向性を揃えることが必要であるが、そのためにはプラズマ中でのイオンの散乱を減らすことが不可欠である。イオンの方向性を揃えるためには、プラズマ発生装置内の圧力を低くし、イオンの平均自由行程を大きくすることが効果的であるが、プラズマ密度が低下しエッチ速度が低くなるという問題がある。

【0004】その対策として誘導結合型プラズマ装置やヘリコン型プラズマ装置等の高密度プラズマ装置が導入されつつある。高密度プラズマ装置は、従来からある平行平板型RIE装置に比べ10倍～100倍程度高密度のプラズマが発生でき、圧力が1/10から1/100程度低い条件下でも平行平板型RIE装置と同等以上のエッチング速度が得られる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このようにして改良された従来のプラズマエッチング方法においても、エッチング形状の異常、マイクロローディング効果の発生、ゲート絶縁膜の劣化や破壊の発生という問題点があった。これらは、進行する微細化に対して依然プラズマ中の化学反応の制御範囲が狭いこと、さらには高密度プラズマであるため、チャージアップが著しい、過度の解離によってラジカル密度が低下するといったことに原因している。これらの課題を解決する1つの方法として、従来からパルスプラズマプロセス（例えば、特開平6-267900号公報）が提案されている。このパルスプラズマプロセスは、プラズマ発生用高周波電力（RF）をパルス状に供給し、高周波電力供給期間にオフ期間を設けることで、プラズマ中の解離反応、基板への電荷蓄積過程を制御することを目的としていたが、その詳細な機構は不明で、課題を十分解決するには至っていない。

【0006】一般に、エッチング反応は、プラズマから供給される様々な種によって進行し、エッチング形状は、それらの被エッチング試料面への輸送過程に大きく影響される。すなわち、ラジカル・原子は、エッチング反応に寄与するとともに、膜形成の前駆体として選択性向上や側壁保護に寄与するが、等方性であるがために、試料面の形状、特にアスペクト比にその輸送過程が影響される。一方、イオンは、エッチング反応のイオン支援過程に関与し、その指向性によって形状の異方性に寄与するが、その輸送過程はプラズマ-被エッチング資料間の加速電圧、特にバイアス電力に影響される。そのため、エッチング特性の選択性や異方性形状は、等方性のラジカル・原子と異方性のイオンの輸送量をいかに制御するかによって決まるが、CW（Continuous Wave：連続波）下では従属関係にあるこれらを制御するには限界がある。また、エッチング反応面周辺には、最終的には排出される副反応生成物も介在しており（等方性）、実質的にエッチング反応を妨げている場合が多い。

【0007】また、ゲートエッチングにおけるノッチのおもな原因と考えられるチャージアップに起因したエッチング形状の異常は、被エッチング試料面に供給されるイオンの電荷の局所的なアンバランスに起因するとされている。この発明はこのような課題のうち、マイクロローディング効果のおもな原因と考えられるラジカルあるいは副反応生成物の輸送過程に起因した問題、あるいはエッチング形状の異常、特にゲートエッチングにおけるノッチのおもな原因と考えられるチャージアップに起因した問題を解決しうるプラズマエッチング方法を提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1記載のプラズマエッチング方法は、真空室に供給された反応ガスを、真空室に供給される高周波電力によりプラズマ化し、その

プラズマで真空室内の試料をエッチングするプラズマエッチング方法であって、被エッチング試料へ投入するバイアス電力をパルス変調することを特徴とするものである。

【0009】請求項1記載のプラズマエッチング方法によると、バイアスへの供給電力をパルス変調することにより、被エッチング試料面へ供給されるのイオンのエネルギー、フラックスを時間的に制御し、等方性のラジカル・原子の供給、副反応生成物の排出が主体となる時間帯を別々にすることで、指向性のイオン主体の異方性エッチングが効果的に進行する。

【0010】請求項2記載のプラズマエッチング方法は、真空室に供給された反応ガスを、真空室に供給される高周波電力によりプラズマ化し、そのプラズマで真空室内の試料をエッチングするプラズマエッチング方法であって、複数の反応ガスを交互に切り替えて供給することを特徴とするものである。請求項2記載のプラズマエッチング方法によると、供給ガスの成分を時間的に切り替えて、等方性のラジカル・原子の供給、副反応生成物の排出が主体となる時間帯を別々にすることで、指向性のイオン主体の異方性エッチングが効果的に進行する。

【0011】請求項3記載のプラズマエッチング方法は、真空室に供給された反応ガスを、真空室に供給される高周波電力によりプラズマ化し、そのプラズマで真空室内の試料をエッチングするプラズマエッチング方法であって、被エッチング試料のオーバーエッチ時に、供給する高周波電力をパルス変調することを特徴とするものである。

【0012】請求項3記載のプラズマエッチング方法によると、被エッチング試料のオーバーエッチ時に、供給される高周波電力をパルス変調することで、主な種に高周波電力OFF時の負イオンを導入することで時間的にバランスさせることができる。

【0013】

【発明の実施の形態】第1の実施の形態

この発明の第1の実施の形態について、図1および図2を参照しながら説明する。図1はプラズマエッチング装置の構造を示す模式図である。プラズマエッチング装置は、誘導結合方式による真空室となるプラズマ生成室1により構成されており、チャンバーは接地されている。ガス導入口2からは、反応性ガス、例えば酸化膜エッチングの場合、 CHF_3 (50%) / C_4F_8 (50%) の混合ガスを、50 sccm、5 Pa程度に導入する。プラズマ生成室に石英板を隔てて上部に取り付けられたマルチスパイラルコイル3に、マッチング回路4を介して高周波電源5より高周波電力を印加することによりプラズマ6を生成することができる。被エッチング試料となるウエハ7は、マルチスパイラルコイル3に対向する形で下部電極8上に置かれ、マッチング回路9を介して高周波電源10よりバイアス用高周波電力が供給され

る。パルス発生器11からは、プラズマ生成用高周波電源5とバイアス用高周波電源10に任意のパルス変調用信号が送られる構成になっている。なお、12、13はガス供給系、14はパルス発生器である。

【0014】図2は、バイアス投入電力をパルス変調(ON/OFF変調)する際の各種パラメータの時間変化の説明図である。(a)はプラズマに供給する高周波電力(例えば、13.56 MHz)であってCWであるのに対し、バイアス電力は変調用パルス(b)によって(c)に示すようにON/OFF変調することとする。変調パラメータとしては、瞬時の投入パワーのほか、ON時間、OFF時間および変調周期であり、変調周期中のON時間の割合をデューティ比とする。このバイアス電力に応じて、イオンに負のバイアス電圧が発生するため、このとき被エッチング試料表面には、(d)に示すようなイオン電流が流入することになる。一方、変調周期を10 μ 秒~10 msecとした場合、プラズマ中のラジカルの寿命は10 msec以上と、変調周期よりはるかに長く、ラジカル密度は(e)に示すように変調周期を通じては一定である。そのため、バイアス電力OFF時には、副反応生成物が排出され、等方性のラジカル・原子が十分供給されて堆積保護膜が形成される一方、ON時にはイオン主体の異方性エッチングが進行する。

【0015】このように構成されたプラズマエッチング方法によると、バイアスへの供給電力をパルス変調することにより、被エッチング試料面へ供給されるのイオンのエネルギー、フラックスを時間的に制御し、等方性のラジカル・原子の供給、副反応生成物の排出が主体となる時間帯を別々にすることで、指向性のイオン主体の異方性エッチングが効果的に進行し、選択比および異方性を向上させることができる。すなわち、ラジカルあるいは副反応生成物の輸送過程を制御し、連続放電のCWプロセスやこれまでのプラズマエッチングプロセスでは実現できない高精度なエッチングを実現できる。

【0016】第2の実施の形態

この発明の第2の実施の形態について、図1および図3を参照しながら説明する。この実施の形態では、供給する反応ガスをパルス状に変調することを試みた。図3は、反応ガスをパルス変調(組成変調あるいはON/OFF変調)する際の各種パラメータの時間変化の説明図である。図1において、パルス発生器14により反応ガスAの供給系12および反応ガスBの供給系13を変調する構成を用いる。(a)のプラズマに供給するCW高周波電力に対し、複数のガス系を交互に供給する。すなわち、高密度のイオン電流を発生する反応ガスA(例えば、 CF_4)と高密度のラジカルを発生する反応ガスB(例えば、 CHF_3 、 C_4F_8)を、それぞれ(b)、(c)に示すように交互に切り替えて供給する。このとき被エッチング試料表面には、(d)に示すようなイオン電流が変調されて流入することになるが、ラジカル密

度は第1の実施の形態で述べた理由から(e)に示すように変調周期を通じては一定である。そのため、反応ガスAの供給時にはイオン主体の異方性エッチングが進行するのに対し、反応ガスBの供給時には副反応生成物が排出され、等方性のラジカル・原子が十分供給されて堆積保護膜が形成される。

【0017】このように構成されたプラズマエッチング方法によると、供給ガスの成分を時間的に切り替えることで、等方性のラジカル・原子の供給、副反応生成物の排出が主体となる時間帯を別々にすることで、指向性のイオン主体の異方性エッチングが効果的に進行し、選択比および異方性を向上させることができる。すなわち、ラジカルあるいは副反応生成物の輸送過程を制御し、連続放電のCWプロセスやこれまでのプラズマエッチングプロセスでは実現できない高精度なエッチングを実現できる。

【0018】なお、この実施の形態では、2種類の反応ガスA、Bを交互に切り替えて供給するものであったが、3種類以上の反応ガスを交互に切り替えて供給することでも同様の効果を達成することができる。また、1種類の反応ガスを分圧変動させて供給してもよい。

第3の実施の形態

この発明の第3の実施の形態について、図1および図4を参照しながら説明する。

【0019】この実施の形態は、エッチング形状の異常、特にゲートエッチングにおけるノッチのおもな原因と考えられるチャージアップに起因した問題を解決するエッチング手法を提供するものである。この形状異常は、被エッチング試料面に供給されるイオンの電荷の局所的なアンバランスに起因するとされており、ここではその電荷のアンバランスがオーバーエッチ時の下地(Si)の露出によって固定されることに着目し、このオーバーエッチ時に高周波電力の供給をパルス変調することの特徴としている。

【0020】図1において、パルス発生器11により高周波電源5を変調する構成を用いる。すなわち、図4

(a)に示すように、CW時にプラズマに供給する高周波電力(例えば、13.56MHz)に対し、(b)に示すような変調用パルスを重畳させることにより、

(c)に示すようにメインエッチに続くオーバーエッチ時の高周波電力をON/OFF変調することとする。高周波電力ON時に、被エッチング試料表面に入射するイオン種は主に正イオンであるのに対し、高周波電力OFF時には、アフターグロー中での電子温度の低下によって負イオンが生成され主体となる。メインエッチ時には正イオンと電子が主な種であり、それらの指向性の違いによって電荷の局所的なアンバランスを引き起こすが、被エッチング試料表面の導電性によってバランスしていると考えられる。ところが、このままオーバーエッチ行程に入ると、下地(Si)の露出によって電氣的に孤立

するため電荷が中和されなくなり、局所的な電界によって、イオンが曲げられサイドエッチすなわち形状異常を引き起こすと考えられる。そこで、このオーバーエッチ時にパルス変調を行うことで、主な種に高周波電力OFF時の負イオンを導入し時間的にバランスさせることができる。

【0021】このように構成されたプラズマエッチング方法によると、被エッチング試料のオーバーエッチ時に、高周波電力の供給をパルス変調することで、主な種に高周波電力OFF時の負イオンを導入することで時間的にバランスさせることができる。すなわち、チャージバランスに起因した形状を制御し、連続放電のCWプロセスやこれまでのプラズマエッチングプロセスでは実現できない高精度なエッチングを実現できる。

【0022】

【発明の効果】請求項1記載のプラズマエッチング方法によると、バイアスへの供給電力をパルス変調することにより、被エッチング試料面へ供給されるのイオンのエネルギー、フラックスを時間的に制御し、等方性のラジカル・原子の供給、副反応生成物の排出が主体となる時間帯を別々にすることで、指向性のイオン主体の異方性エッチングが効果的に進行する。すなわち、ラジカルあるいは副反応生成物の輸送過程を制御し、連続放電のCWプロセスやこれまでのプラズマエッチングプロセスでは実現できない高精度なエッチングを実現できる。

【0023】請求項2記載のプラズマエッチング方法によると、供給ガスの成分を時間的に切り替えて、等方性のラジカル・原子の供給、副反応生成物の排出が主体となる時間帯を別々にすることで、指向性のイオン主体の異方性エッチングが効果的に進行する。すなわち、ラジカルあるいは副反応生成物の輸送過程を制御し、連続放電のCWプロセスやこれまでのプラズマエッチングプロセスでは実現できない高精度なエッチングを実現できる。

【0024】請求項3記載のプラズマエッチング方法によると、被エッチング試料のオーバーエッチ時に、供給される高周波電力をパルス変調することで、主な種に高周波電力OFF時の負イオンを導入することで時間的にバランスさせることができる。すなわち、チャージバランスに起因した形状を制御し、連続放電のCWプロセスやこれまでのプラズマエッチングプロセスでは実現できない高精度なエッチングを実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明のプラズマエッチング装置の構成図である。

【図2】この発明の第1の実施の形態におけるバイアス電力パルス変調時の各種パラメータの時間変化の説明図である。

【図3】この発明の第2の実施の形態における反応ガス切替え時の各種パラメータの時間変化の説明図である。

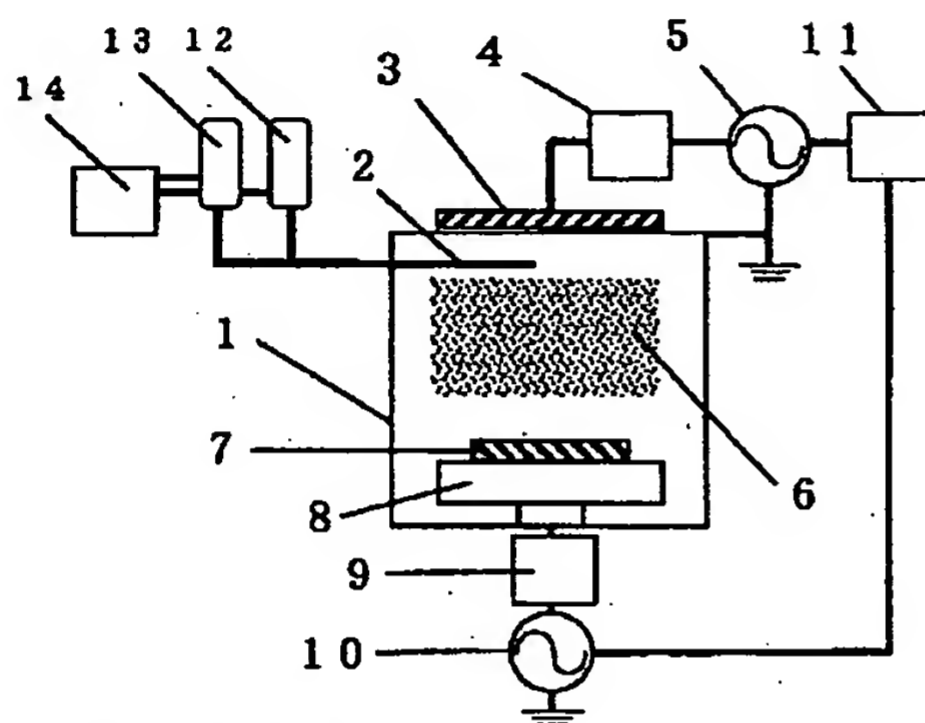
【図4】この発明の第3の実施の形態における高周波電力パルス変調時の各種パラメータの時間変化の説明図である。

【符号の説明】

- 1 プラズマ生成室（真空室）
- 2 ガス導入口
- 3 マルチスパイラルコイル
- 4 マッチング回路
- 5 高周波電源

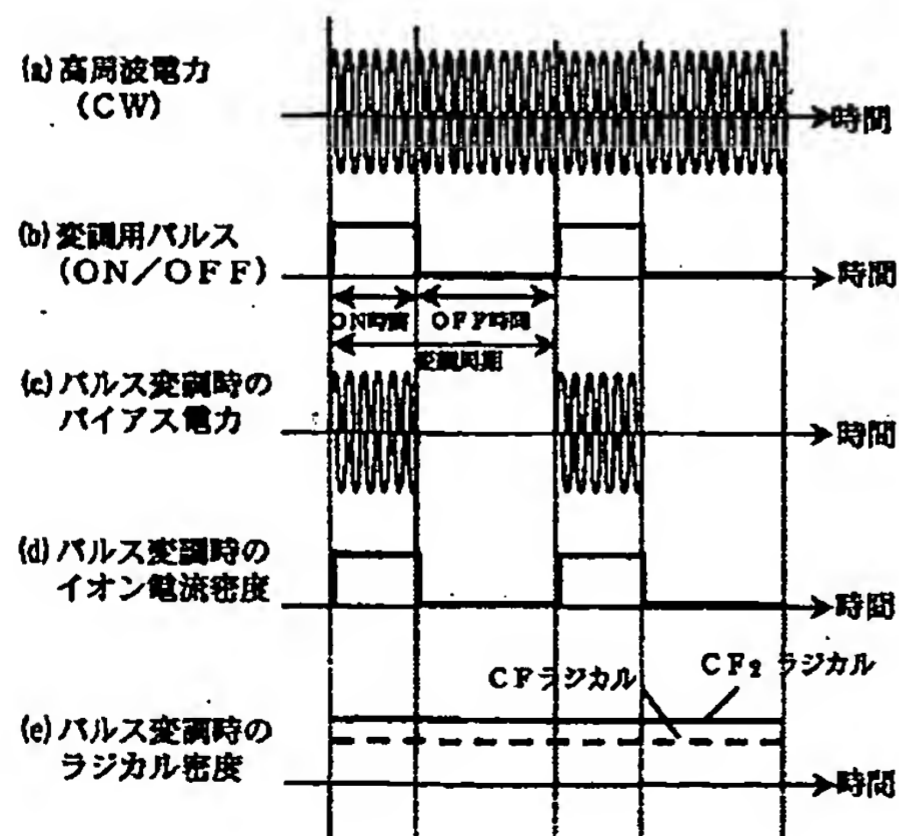
- 6 プラズマ
- 7 ウエハ（被エッチング試料）
- 8 下部電極
- 9 マッチング回路
- 10 高周波電源
- 11 パルス発生器
- 12, 13 反応ガス供給系
- 14 パルス発生器

【図1】

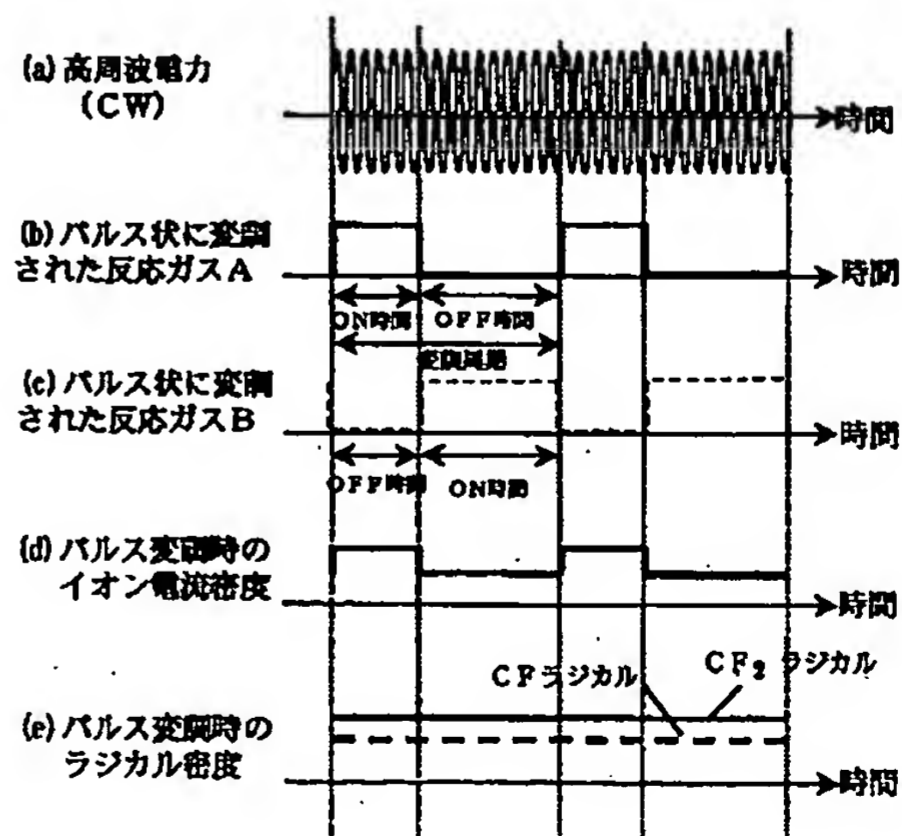


- | | | |
|----------------|-----------------|----------------|
| 1…プラズマ生成室（真空室） | 6…プラズマ | 10…高周波回路 |
| 2…ガス導入口 | 7…ウエハ（被エッチング試料） | 11…パルス発生器 |
| 3…マルチスパイラルコイル | 8…下部電極 | 12, 13…反応ガス供給系 |
| 4…マッチング回路 | 9…マッチング回路 | 14…パルス発生器 |
| 5…高周波電源 | | |

【図2】



【図3】



【図4】

